

# 阀控铅酸电池开关型充电控制器 UC3909及其应用

曾李电子设计室 李益宏  
曾小林

**摘要:** UC3909 阀控铅酸电池开关型充电控制器主要用于铅酸电池快速充电器。

在通信、电力、交通和UPS 中，阀控铅酸电池的容量很大，UC3909在UC3906的基础上，增加了PWM 控制器，因此可以很方便地制成开关型充电器。本文详细介绍了UC3909 的内部结构、外部电路的设计方法，还给出了一套软件用以辅助设计。

**关键词:** 动力电池 开关型控制器 充电管理 分段充电 设计软件

## 1 引言

在2006年10月，应合作公司要求研发一款大功率动力电池充电器。在多方面的权衡之后，在不使用MCU（单片机）等的情况下，于是采用UC3909充电控制芯片研发此款产品，由于此芯片的特殊性，加上同事们希望我能作深入解剖和分析，以消化吸收其先进技术的情况下。故写下此文章。

## 2. 芯片概述

利用UC3909 充电控制器，可以组成开关型铅酸电池快速充电器。该芯片中的平均电流型PWM 控制电路，可产生充电状态逻辑电平。充电状态逻辑电平根据充电状态控制充电器的输出电压和电流。该芯片中的欠压封锁电路，保证加入足够的电源电压。此外该芯片中还含有差动电流取样放大器、精度为1 %的基准电压，- 3. 9mV/ 热敏电阻线性化电路、电压和电流误差放大器、PWM 振荡器、PWM 比较器、PWM 锁存器、充电状态译码器和一个100mA 的集电极开路输出驱动器。

芯片封装见图1 所示

内部框图如图2 所示。

该芯片的极限参数如下：

- a 电源电压VCC :40V ；
- b OUT 、STAT0、STAT1 脚电压:40V ；
- c 输出灌电流:0. 1A ；
- d CS +和CS - 脚电压:0. 4V ~ VCC ；
- e 其它脚电压:0. 3 ~ 9V ；
- f 存储温度: - 65 ~ 150 ；
- g 结温: - 55 ~ 150 ；
- h 焊接温度(焊接时间10s) :300 。

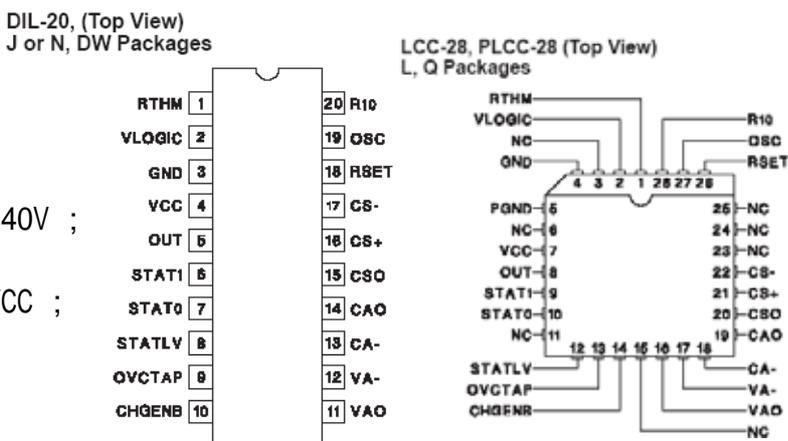


图 1 UC3909 引脚排列



- 8 脚(STATLV) :充电器在浮充状态下,该位为高电平。
- 9 脚(OVCTAP) : 过充电电流检测比较器输入脚。在过充电状态下,当输出电流逐渐减小到 浮充门限值时,该比较器输出控制信号。
- 10 脚(CHGENB) :充电器起动手比较器输入端。当电池电压较低时,该比较器使充电器进入涓流充电状态,电压误差放大器输出高阻抗,10 μ A 固定电流流入 CA - 脚,以设定涓流充电电流。
- 11 脚(VAO) :电压误差放大器输出端。该放大器输出电压箝位在 5V 。
- 12 脚(VA- ) :电压误差放大器的反相输入端。
- 13 脚(CA - ) : 电流误差放大器反相输入端。
- 14 脚(CAO) :电流误差放大器输出端。在芯片内部,该脚电压箝位在 4V , 在芯片内部该脚与 PWM 比较器反相输入端相连。
- 15 脚(CSO) : 电流取样放大器的输出端,该脚输出电压在内部被箝位在 5.7V 。
- 16、17 脚(CS +和 CS - ) : 电流取样放大器的反相和同相输入端。电流取样放大器的固定增益为 5。
- 18 脚(RSET) : 该脚与接地脚之间应接入一只电阻,以便设置振荡器的充电电流和振荡器涓流控制电流。振荡器充电电流约为  $1.75 / RSET$  , 振荡器涓流控制电流约为  $0.115 / RSET$  。
- 19 脚(OSC) : 振荡器斜坡电压控制脚,在该脚与 3 脚之间应接入一只电容器 CT , 振荡器斜坡电压应在 1.0V 到 3V 之间变化,振荡器振荡频率可由下式计算:

$$f = 1 / 1.2 CTRSET$$

- 20 脚(R10) : 该脚与 3 脚之间应接入一只 10k 电阻,以便产生修正热敏电阻温度所需的电压差。

#### 4. 开关型快速充电器原理与设计

采用 UC3909 的铅酸电池开关型快速充电器,实际电路如图 3 所示。虚线框图内为 UC3909。该充电器输入直流电压范围为 12 ~ 40V。

UC3909 采用具有平均电流限制的电压控制回路,精确地控制铅酸电池的充电速率。虽然平均电流限制电路较复杂些,但是控制回路的设计比较简单。

##### 4.1 控制回路原理

###### (1) 电流取样放大器(CS)

电流取样放大器的固定增益为 5 , 补偿电压为 2.3V , 它的作用是检测取样电阻 RS 两端的电压。该电压与电池充电电流成正比。取样电压的正端接到电流取样放大器的反相输入端,以保证极性正确的电压加到 PWM 比较器。当电池没有充电电流时,电流取样放大器的输出端(CSO) 电压为 2.3V 。电流取样电阻 RS 的阻值应等于 350mV 除以最大允许充电电流。为了减小功耗,RS 应取较小的阻值。最大充电电流 IBULK 由已知的电压误差放大器最高输出电压(  $V_{OH} = 5V$  )、取样电阻 RS 两端允许的最大压降  $V_{RS}$  和电阻 RG1 和 RG2 的阻值决定。

$R_{G1} / R_{G2} = 5 * V_{RS} / (V_{LOGIC} - V_{CA-}) = 5 * V_{RS} / 5 - 2.3 = 1.852 I_{BULK} R_S$

为了避免电流取样放大器输出饱和,必须限制电池取样放大器输出端(CSO) 电压的最大幅值。因此电流取样电阻 RS 两端最高压降必须限制在 2V 以内。无充电电流时,电流取样放大器输出端电压  $V_{CSO} = 2.3V$  ;最大充电电流时,电流取样放大器输出端最高电压

$$V_{MAX(CSO)} = 2.3V - 2.0V = 0.3V$$

###### (2) 电压误差放大器(VEA)

电压误差放大器(VEA) 检测电池电压,并把它与热敏电阻引起的基准电压  $2.3V - 3.9mV/$  进行比较。电压误差放大器输出电压转换为电流控制信号,与电流取样放大器输出信号相加。电压误差放大器(VEA) 最高输出电压限制在  $5V$ ,这样可限制最大负载电流。在涓流充电状态下,充电开始时比较器使电压误差放大器输出开路(高阻抗输出)。此时,涓流偏置电流与电流误差放大器 CA 的反相输入端(CA-) 的电流相加,设定最大涓流充电电流。

在涓流充电状态下,最大允许充电电流

(ITC) 由下式决定:

$$I_{TC} = I_{TRCK} * R_{G1} / 5 * R_S$$

式中  $I_{TRCK}$  为流入电流误差放大器反相输出端 CA- 的固定控制电流。当 RSET 脚外接电

阻为  $11.5k$  时,  $I_{TRCK}$  为  $10\mu A$ 。

### (3) 电流误差放大器(CA)

电流取样放大器(CS) 与电压误差放大器(VEA) 的输出信号通过电流误差放大器(CA)比较。电流误差放大器(CA) 的输出信号改变 PWM 占空比,从而调整平均充电电流。接有积分补偿时,电流误差放大器(CA) 具有非常高的电流增益。为了提高放大器的稳定性,电流误差放大器(CA) 的高频增益必须按以下原则设计,即电流误差放大器(CA) 输出信号下降斜率应低于或等于 PWM 斜坡上升斜率。

## 4.2 充电器设计

### (1) 选择 $R_{S1}$ 、 $R_{S2}$ 、 $R_{S3}$ 和 $R_{S4}$

基本计算公式如下:

$$V_{OC} = V_{REF} \times (R_{S1} + R_{S2} + R_{S3} \parallel R_{S4}) / (R_{S3} \parallel R_{S4})$$

$$V_T = V_{REF} \times (R_{S1} + R_{S2} + R_{S3} \parallel R_{S4}) / (R_{S2} + R_{S3} \parallel R_{S4})$$

$$V_F = V_{REF} \times (R_{S1} + R_{S2} + R_{S3}) / R_{S3}$$

$$R_P = R_{S3} \parallel R_{S4}$$

12V/12Ah 电池充电器计算实例

12V 铅酸电池由六个单体电池组成,已知单体电池  $V_{OC} = 2.5V$ ,  $V_T = 1.7V$ ,  $V_F = 2.33V$ ,因此该电池组的几个基本电压参数为:

$$V_{OC} = 2.5V \times 6 = 15V$$

$$V_T = 1.7V \times 6 = 10.2V$$

$$V_F = 2.33V \times 6 = 14V$$

为了便于计算,设  $R_{S3}$  与  $R_{S4}$  的并联电阻值  $R_F = 50k$ , 将  $R_F = 50k$  代入  $V_{OC}$  表达式中

可得:由该式可得出:

$$15V = 2.3V \times (R_{S1} + R_{S2} + 50k) / 50k$$

由该式可得出:  $R_{S1} + R_{S2} = 276k$

将已知数值代入  $V_T$  表达式中,可得:

$$10.2V = 2.3 \times (276k + 50k) / (R_{S2} + 50k)$$

由该式可得出:

$$R_{S2} = 23.7k - 24k$$

因此,  $R_{S1} = 276k - 24k = 252k$

将已知数值代入  $V_F$  表达式中,可得:

$$14V = 2.3V \times (276k + R_{S3}) / R_{S3}$$

由该式可得出：

$$R_{S3} = 54k \quad 56k$$

已知： $R_F = 50k$ 、 $R_{S3} = 56k$

因此 $R_{S4} = 466k \quad 470k$

(2) 选择 $R_{G1}$ 和 $R_{G2}$

基本计算公式如下：

$$I_{TC} = T_{TRCK} \cdot R_{G1} / 5 \cdot R_S$$

$$I_{TRCK} = 0.115V / R_S$$

$$R_{G1} / R_{G2} = 1.852 \cdot I_{BULK} \cdot R_S$$

12V/ 10Ah 电池充电器设计实例

已知RSET 脚外接电阻为11.5k，取样

电阻 $R_S = 0.1$ ，根据 $I_{TRCK} = 0.115V / 0.1 = 10\mu A$

假设允许的涓流充电电流 $I_{TC} = 0.004 \cdot C = 40mA$ ；快速充电电流 $I_{BULK} = C / 5 = 2A$ 。

将已知数值代入ITC表达式中，可得：

$$0.04A = (10\mu A \cdot R_{G1}) / (0.1 \cdot 5)$$

由此式可得出： $R_{G1} = 2k$

将已知数值代入下式：

$$R_{G1} / R_{G2} = 1.852 \cdot I_{BULK} \cdot R_S$$

可以得出：

$$R_{G2} = 5.4k \quad 5.6k$$

(3) 选择 $R_{OV C1}$ 和 $R_{OV C2}$

基本计算公式为：

$$R_{OV C1} = 1.8518 \cdot I_{OCT} \cdot R_S \cdot R_{OV C2}$$

设计实例

假定过充电终止电流为 $C / 50 = 200mA$ ，

$$R_S = 0.1$$

可得出：

$$R_{G1} / R_{G2} = 0.037$$

若选择 $R_{OV C1} = 5k$  则：

$$R_{OV C2} = R_{OV C1} / 0.037 = 135k \quad 130k$$

## 5 设计软件应用及调试注意事项。

### 5.1 设计软件应用

鉴于该芯片在设计方面的巧妙性，一环扣一环，特别是在设计涓流充电电流、快速充电电流、分段式充电电压控制、过充电终止电流等部分时，要经过仔细计算，且计算过程较为复杂，所涉及的量较多，易引起错误结果。特别设计了以下软件，以供大家在计算相关环路时使用。且在生产过程中如需改为对不同安时的电池充电时，可直接输入参数，以获得接近的元件阻值。

该软件操作简单明了，直接代入参数即可获得结果；

操作方法略。可直接[点击下载](#)该软件。

如果下载有问题时，可直接复 E-MAIL 至文章后面的邮箱地址。

操作界面见图 4



本软件仅供在设计 UC3909 如图 3 中的线路连接方式时的典型充电电路时使用，不适用于 UC3906 。 敬请留意。

## 5.2 芯片调试注意事项

由于该芯片具有对电池判断功能，故在调试时需要在输出端模拟一个电池，以并该芯片能正常地工作。

### 曾李电子设计室简介

曾李电子设计室成立于 2003 年，骨干成员具有丰富的产品设计经验，所涉及的行业：民用类电源（小功率 ADAPTER、灯饰电源，不间断电源、电源仪器类），工业类电源（通信电源，邮政电源、工业用操作电源，电力电源，路灯节能系统）等 医疗产品等。

成功的案例有 东莞群思电子 SMT 用后备电源。

怡发科技（亚洲）研发中心 小功率 ADAPTER 开发等。

佛山高思电器， 动力电池开发项目。等

承接产品设计，方案出让，有偿技术服务。

联系热线： 15915231429 15915231428 李先

公司网址： <http://www.durable.com/>

E-Mail： [daubl@sina.com](mailto:daubl@sina.com) [zxltd@163.com](mailto:zxltd@163.com)